

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-037896

(43)Date of publication of application : 07.02.2003

---

(51)Int.Cl. H04R 17/00

A61B 8/00

G01N 29/24

H01L 41/083

H01L 41/187

H01L 41/22

H04R 31/00

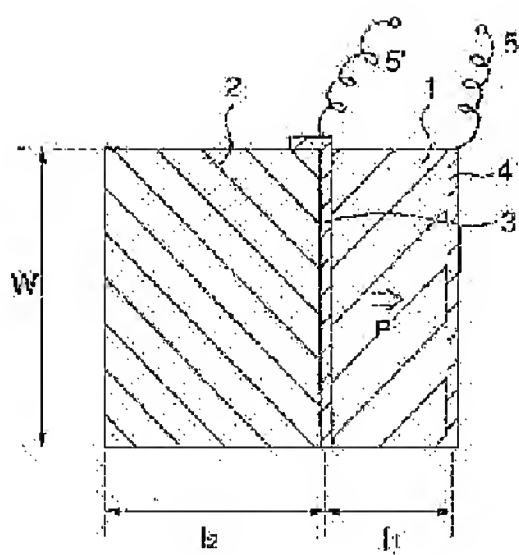
---

(21)Application number : 2001- (71)Applicant : SCM KK  
222654

(22)Date of filing : 24.07.2001 (72)Inventor : ICHINOSE NOBORU  
ENDO YASUTOSHI

---

(54) ULTRASONIC TRANSDUCER USING PIEZOELECTRIC CERAMICS AND  
MANUFACTURING METHOD THEREFOR



(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an ultrasonic transducer having the generating capability of short pulse-shaped ultrasonic waves capable of improving the distance resolution of various ultrasonic equipment.

**SOLUTION:** This ultrasonic transducer is constituted of a piezoelectric ceramic board whose piezoelectric (e) constant is inclined and distributed in the thickness direction, and a ceramic board whose acoustic impedance is similar to that of the piezoelectric ceramic board. In this case, one face of the piezoelectric ceramic board is formed with an external electrode film, and the other face of the piezoelectric ceramic board is connected through an internal electrode film to the ceramic board whose acoustic impedance is similar to that of the piezoelectric ceramic board.

---

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's  
decision of rejection]

[Kind of final disposal of application  
other than the examiner's decision of  
rejection or application converted  
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against  
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

\* NOTICES \*

**JPO and NCIP are not responsible for any  
damages caused by the use of this translation.**

1.This document has been translated by computer. So the translation may not  
reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

## CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] It is the ultrasonic transducer to which it is the ultrasonic transducer  
which uses as main components the piezo-electric ceramic plate and this piezo-  
electric ceramic plate in which piezo-electric e constant carried out inclination  
distribution, and the ceramic plate with which the acoustic impedance was similar  
in the thickness direction, the external electrode layer is formed in one field of  
this piezo-electric ceramic plate, and the field of another side is characterized by  
to be joined to the piezo-electric ceramic plate and the ceramic plate with which  
the acoustic impedance was similar through the internal electrode film.

[Claim 2] The ultrasonic transducer according to claim 1 which is carrying out  
inclination distribution so that it may become the largest at the field side which a

piezo-electric ceramic plate consists of a ceramic plate which is two in which piezo-electric e constant carried out inclination distribution in the thickness direction, and has the laminated structure which these two ceramic plates have joined through an internal electrode layer, and piezo-electric e constant of these two ceramic plates has joined through an internal electrode layer.

[Claim 3] The ultrasonic transducer according to claim 1 or 2 which is the ceramic plate with which the amount of [ of the opposite side of the field which a piezo-electric ceramic plate and the ceramic plate with which the acoustic impedance was similar join to a piezo-electric ceramic plate through the internal electrode film ] edge surface part is porosity.

[Claim 4] The green sheet which consists of ceramic powder in which piezoelectric is shown, the green sheet with which a metal paste becomes one side from the ceramic powder in which piezoelectric [ by which printing spreading is carried out ] is shown, The green sheet with which a metal paste becomes the green sheet and one side which consist of ceramic powder in which piezoelectric is not shown from the ceramic powder in which piezoelectric [ by which printing spreading is carried out ] is not shown is accumulated suitably. The process of the ultrasonic transducer which uses as main components the piezo-electric ceramic plate and this piezo-electric ceramic plate in which piezo-electric e constant carried out inclination distribution, and the ceramic plate with which the acoustic impedance was similar in the thickness direction characterized by being stuck by pressure, calcinating and subsequently attaching an external electrode.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

**JPO and NCIP are not responsible for any  
damages caused by the use of this translation.**

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the ultrasonic transducer using high sensitivity electrostrictive ceramics by the high resolution used especially by the ultrasonic echo method about the ultrasonic transducer which used electrostrictive ceramics. Furthermore, it is related with the ultrasonic transducer using the electrostrictive ceramics which raises especially distance resolution.

[0002]

[Description of the Prior Art] By medical supersonic-wave devices, such as ultrasonic nondestructive inspection devices, such as underwater supersonic-wave devices, such as a fish detector and sonar, a supersonic detector, and an ultrasonic thickness meter, and an ultrasonic diagnostic equipment, an electrical signal is inputted into an ultrasonic transducer, a supersonic wave is generated, and the ultrasonic echo method for detecting the reflected wave from the part from which the acoustic impedance which is made to spread this supersonic wave in an ultrasonic medium, and exists in a medium differed is used widely. The acoustic impedance expresses the ease of carrying out of propagation of the acoustic wave in a medium here, and it has the value of a proper by the medium (matter). Between the media by which acoustic impedances differ, reflection and transparency of an acoustic wave take place on the boundary. For example, if the acoustic impedance between two media is comparable, an acoustic wave is penetrated well and there are very few reflected waves. Conversely, if this difference is large, the reflected wave of a transmitted wave will increase very much few. The above-mentioned ultrasonic echo method used this. And since the distance resolution of the various above-mentioned ultrasonic devices

improves to the ultrasonic transducer used here so that the time amount wave of the supersonic wave to generate is short, it has been required that the time amount wave of this supersonic wave should be shortened as much as possible. [0003] Conventionally, the time amount wave of the typical structure of an ultrasonic transducer and the supersonic wave generated from the transducer is shown in reference (29th EM symposium lecture collected works, May 18, Heisei 12 issue, Daisuke Yamazaki, Yamada \*\*\*\* Nakamura [ Kiryo ] work, 37 pages - 42 pages). The ceramic plate 8 of this quality of the material by which drawing 9 R> 9 is drawing showing the structure of the conventional ultrasonic transducer, and polarization is not carried out to one side of the piezo-electric ceramic plate 7 by which polarization was carried out in the thickness direction in which the metal-electrode film (electrode) 6 was formed to both sides (It is hereafter called the ceramic plate in which piezoelectric is not shown) is stuck using adhesives (adhesives layer 10) through an electrode layer, and the packing material 9 which consists of mixture of Araldite and tungsten powder is further formed behind that.

[0004] When the transducer to which piezo-electric e constant used the piezo-electric ceramic plate distributed uniformly for drawing 10 about the thickness direction as a piezo-electric ceramic plate of the above-mentioned transducer is driven by the electrical-potential-difference pulse, the time amount wave of the ultrasonic pulse emitted outside from the front face of a piezo-electric ceramic plate is shown. The emitted supersonic wave forms not a single pulse but the long pulse train, and the time amount wave is long.

[0005] Moreover, when the transducer which used the piezo-electric ceramic plate (henceforth an inclination piezo-electricity ceramic plate) in which piezo-electric e constant carried out inclination distribution about the thickness direction as a piezo-electric ceramic plate for drawing 11 is driven by the electrical-potential-difference pulse, the time amount wave of the ultrasonic pulse emitted outside from the front face of an inclination piezo-electricity ceramic plate is shown. A time amount wave is long like the above-mentioned transducer which

used the piezo-electric ceramic plate with which change was not accepted in the width of face on the time-axis of a pulse train although the consistency of an ultrasonic pulse became low about this as compared with previous drawing 10 , but piezo-electric e constant was uniformly distributed about the thickness direction.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The ceramic plate in which the piezo-electric ceramic plate which constitutes a transducer, and piezoelectric are not shown is joined using adhesives, and since the packing material is formed behind [ which does not show piezoelectric ] the ceramic plate, the trouble that the time amount wave of the above-mentioned conventional technique is long is produced. That is, since acoustic impedances differ with a ceramic plate and adhesives, while the supersonic wave generated with the piezo-electric ceramic plate is reflected repeatedly on these boundaries (henceforth a multiple echo), it will emanate outside, and the time amount wave of a supersonic wave cannot be shortened. Thus, since acoustic impedances differ greatly with adhesives and these ceramic plate with the conventional configuration which stuck these configuration member with adhesives, solution of this problem is fundamentally difficult. Although it can also regard making thickness of an adhesives layer very thin and measuring a problem solving as possible with it being theoretical, it is difficult to maintain practical bond strength to use of an ultrasonic transducer.

[0007] This invention offers the ultrasonic transducer using the high electrostrictive ceramics of practicality which canceled the above acoustical discontinuity. Since the supersonic wave of the long pulse which the ultrasonic transducer of this invention originates in a reflected wave, generates it, and is emitted outside does not occur in detail, -izing of the ultrasonic pulse emitted outside can be carried out [ a short pulse ], and the ultrasonic transducer which can improve the distance resolution of the various ultrasonic devices using an ultrasonic echo method is offered.

[0008]



[Means for Solving the Problem] This invention is an ultrasonic transducer which uses as main components the piezo-electric ceramic plate and this piezo-electric ceramic plate in which piezo-electric e constant carried out inclination distribution, and the ceramic plate with which the acoustic impedance was similar in the thickness direction. the external electrode layer is formed in one field of this piezo-electric ceramic plate, and the field of another side makes a summary the ultrasonic transducer characterized by being joined to the piezo-electric ceramic plate and the ceramic plate with which the acoustic impedance was similar through the internal electrode film -- this invention again In said invention, a piezo-electric ceramic plate consists of a ceramic plate which is two in which piezo-electric e constant carried out inclination distribution in the thickness direction. Let the ultrasonic transducer which is carrying out inclination distribution so that it may become the largest at the field side which has the laminated structure which these two ceramic plates have joined through the internal electrode film, and piezo-electric e constant of these two ceramic plates has joined through the internal electrode film be a summary.

[0009] In said invention, moreover, a piezo-electric ceramic plate and the ceramic plate with which the acoustic impedance was similar this invention the amount of [ of the opposite side of the field joined to a piezo-electric ceramic plate through the internal electrode film ] edge surface part should let the ultrasonic transducer which is a ceramic plate used as porosity be a summary -- further this invention The green sheet which consists of ceramic powder in which piezoelectric is shown, the green sheet with which a metal paste becomes one side from the ceramic powder in which piezoelectric [ by which printing spreading is carried out ] is shown, The green sheet with which a metal paste becomes the green sheet and one side which consist of ceramic powder in which piezoelectric is not shown from the ceramic powder in which piezoelectric [ by which printing spreading is carried out ] is not shown is accumulated suitably. It sticks by pressure and calcinates. Subsequently, let the process of the ultrasonic transducer which uses as main components the piezo-electric ceramic plate and



this piezo-electric ceramic plate in which piezo-electric e constant carried out inclination distribution, and the ceramic plate with which the acoustic impedance was similar in the thickness direction characterized by attaching an external electrode be a summary.

[0010]

[Embodiment of the Invention] The ultrasonic transducer of this invention is explained concretely below.

(Gestalt of the 1st operation) Drawing 1 is the sectional side elevation showing the structure of the ultrasonic transducer using the electrostrictive ceramics which is the gestalt of operation of the 1st of this invention. One is the piezo-electric ceramic plate (inclination piezo-electricity ceramic plate) in which piezo-electric e constant carried out inclination distribution in the thickness direction as shown in the graph of drawing 2 all over drawing. In addition, inclination distribution of piezo-electric e constant may be right going down contrary to the graph of drawing 2 . 2 is the ceramic plate with which 1 and an acoustic impedance were similar. And 1 and 2 are joined without using adhesives for extent which does not reflect a supersonic wave through the thin electrode layer (internal electrode) 3, and for this reason, both are joined that an acoustic impedance does not have mismatching. 4 is the metal-electrode film (external electrode) formed in the front face of the inclination piezo-electricity ceramic plate 1, and 5 is the electrode lead and terminal which were taken out from now on. Moreover, 5' is the electrode lead and terminal which were taken out from 3.

[0011] Here, as for this ceramic plate 2, it is desirable that the amount of [ of the opposite side of a plane of composition with an internal electrode 3 ] edge surface part has a vesicular structure. Moreover, although it is not necessary to attach a packing material to the opposite side of a plane of composition with the internal electrode 3 of the ceramic plate 2 in this invention, this may be used on the occasion of manufacture of a transducer. The manufacture approach of the transducer of this invention carries out the laminating of the green sheet of the ceramics which carried out printing spreading of the metal paste to the green

sheet and this green sheet of the ceramics used for manufacture of a stacked type ceramic condenser etc., sticks it to them by pressure, and can manufacture it by the approach of calcinating this. It is manufactured through the making process of ceramic powder, the process which produces a green sheet from these ceramic powder, the process which prints a metal paste on the front face of a desired green sheet, the process which carry out laminating sticking by pressure and make these green sheets a layered product so that it may become the transducer which has predetermined structure, the process which sinter the layered product of the obtained green sheet, the process which form an external electrode in a piezo-electric ceramic plate, the process which polarize a piezo-electric ceramic plate. In addition, the inclination piezo-electricity ceramic plate 1 is obtained by calcinating a layered product with the green sheet which consists of ceramic powder of a presentation in which the green sheet which consists of ceramic powder of a presentation in which piezoelectric is shown, and piezoelectric are not shown. At this time, the component of each ceramic comes to change counter diffusion in the thickness direction in the boundary section continuously [ a lifting and piezo-electric  $e$  constant from which the presentation changed continuously by this ]. The ceramic plate 2 with which the acoustic impedance was similar is obtained by calcinating the layered product of the green sheet which consists of ceramic powder of a presentation in which piezoelectric [ above ] is shown, for example, the green sheet which consists of ceramic powder of a presentation in which piezoelectric is not shown, or the green sheet which consists of ceramic powder of a presentation similar to these. What is necessary is just to use the green sheet which has many through tubes for the location of arbitration as a green sheet of the part which should be made porosity among the green sheets which form the ceramic plate 2 for making a part of this ceramic plate 2 into porosity. The thing in which a resin bead which produces a cavity after calcinating in a ceramic green sheet to others was made to mix may be used.

[0012] Next, the manufacture approach of the transducer which has the structure

of the 1st gestalt using drawing 3 is described concretely. 11 is the green sheet of the ceramic powder in which piezoelectric is shown all over drawing, and 12 is the green sheet of the ceramic powder in which piezoelectric is not shown. Moreover, on the same green sheet 13 as 12, printing spreading of the metal paste 15 is carried out. Since a supersonic wave will be reflected with this electrode surface at this time if the electrode thickness after baking is too thick, printing spreading is carried out so that it may become the thickness of extent which does not reflect a supersonic wave. 14 is the green sheet which prepared many small through tubes in the green sheet of 12. These green sheets are accumulated like illustration and stuck by pressure. And this layered product is calcinated and the transducer which has the structure of the 1st gestalt by printing-applying for example, a metal paste to the end face of the piezo-electric ceramic plate obtained by baking, calcinating it to it, and subsequently forming an external electrode in it is obtained.

[0013] In addition, although an external electrode can be formed by the approach of the outside versatility, it can also calcinate and form a metal paste at baking and coincidence of a layered product using the sheet which carried out printing spreading on the green sheet of the ceramic powder in which piezoelectric is shown beforehand. Thus, in the obtained transducer which has the structure of the gestalt of the 1st operation, the direct-current high voltage is impressed between an electrode terminal 5 and 5', and a piezo-electric ceramic plate is polarized. The direction of Polarization P may be a direction contrary to this also in the direction of illustration. A supersonic wave impresses an electrical-potential-difference pulse between an electrode terminal 5 and 5', and is generated. Although a supersonic wave is emitted towards both directions from the big whole surface of the piezoelectric constant of an inclination electrical-potential-difference ceramic plate at this time, incidence of the supersonic wave emitted towards the interior of a transducer is carried out to the ceramic plate with which this was passed and the acoustic impedance was similar, without being reflected with an internal electrode, and it advances toward the end face of

the opposite side. And since this supersonic wave winds scattered reflection, \*\*\*\* and declines and is extinguished in the hole of a large number which exist in a part for the edge surface part in a ceramic plate, it is not emitted from the front face of a transducer. Consequently, if this ultrasonic transducer is used, the supersonic wave of a short pulse without the multiple echo of the supersonic wave in the boundary of both sides of a piezo-electric ceramic plate, a piezo-electric ceramic plate, and the ceramic plate with which the acoustic impedance was similar can be acquired.

[0014] The example of a prototype and ultrasonic characteristics of the transducer which is the gestalt of example 1 the 1st operation are described. Respectively, in the ingredient in which piezoelectric is shown, it is  $0.7\text{Pb}(\text{nickel}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$  and  $0.3\text{Pb}(\text{Zr}_{0.7}\text{Ti}_{0.3})\text{O}_3$  0.5 Pbs ( $\text{nickel}_{1/3}\text{Nb}_{2/3}$ ) to  $\text{O}_3$  and the ingredient in which  $\text{O}_3$  and piezoelectric are not shown  $0.5\text{Pb}(\text{Zr}_{0.7}\text{Ti}_{0.3})$ . The ceramic powder which consists of a presentation was used. Measuring mixing of the acrylic resin 5 weight section and the organic solvent 20 weight section mainly concerned with the terpeneol was carried out to the these ceramic powder 100 weight section, and the ceramic slurry was obtained, and it dried after casting this on a PET film, and considered as the ceramic green sheet. The platinum paste which turns into a metal paste for internal electrode ingredients from the organic solvent mainly concerned with platinum powder, cellulose system resin, and a terpeneol was used, and printing spreading was carried out on the ceramic green sheet which it does not show piezoelectric that the electrode thickness after baking is set to 5 micrometers. As shown in drawing 3, after carrying out laminating sticking by pressure of these green sheets, at the temperature of 1100 degrees C, it applied for 2 hours, and calcinated, and the baking object was acquired. This baking object was processed into thickness  $l_1+l_2=8\text{mm}$ , and the cross section was processed into the about [  $w \times w=15\text{mm} \times 15\text{mm}$  ] dimension. The thickness of the ceramic plate which the thickness of an inclination piezo-electricity ceramic plate does not show  $l_1=1\text{mm}$  and piezoelectric here is  $l_2=7\text{mm}$ . The inner porosity ceramic part occupies the

thickness of about 2mm.

[0015] As shown in drawing 1 after an appropriate time, the silver paste which consists of an organic solvent which uses glass powder, cellulose system resin, and a terpineol as a principal component was applied to the front face of the inclination piezo-electricity ceramic plate 1 as an external electrode 4 in the end of silver dust, and at the temperature of 650 degrees C, it held for 10 minutes and was able to be burned. And the direct current voltage of 2kV was impressed for 10 minutes between the electrode lead terminal 5 and 5', and the inclination piezo-electricity ceramic plate was polarized. Impress the letter electrical-potential-difference pulse of a spike of 20V, it was made to generate between the electrode lead terminal 5 and 5', and the supersonic wave emitted this underwater. And the supersonic wave emitted underwater was detected by the hydrophone.

[0016] The measurement result of a time amount wave of the supersonic wave underwater emitted from this transducer is shown in the graph of drawing 4 . An axis of ordinate is the output voltage of a hydrophone, and this is an amount proportional to the amplitude of a supersonic wave. If it compares with drawing 10 and 11, as for a supersonic wave, it is clear that the short pulse is formed. (Gestalt of the 2nd operation) Drawing 5 is drawing showing the side cross section of the structure of the ultrasonic transducer using the piezo-electric ceramic plate which is the gestalt of operation of the 2nd of this invention. Except a piezo-electric ceramic plate, since it is the same, a piezo-electric ceramic plate is explained to be especially the ultrasonic transducer that is the gestalt of the 1st operation here. 1 and 1' is an inclination piezo-electricity ceramic plate all over drawing, and both are joined through internal electrode 3' which consisted of electrode layers of a thin metal. And in 1 and 1', as the inclination of piezo-electric e constant shows drawing 6 , it inclines symmetrically to internal electrode 3'. Moreover, the sense of Polarization P is the same at 1 and 1'.

[0017] The manufacture approach of the transducer of the gestalt the 2nd operation can carry out laminating sticking by pressure of the green sheet of the

ceramics which carried out printing spreading of the metal paste like the manufacture approach of the transducer of the gestalt the 1st operation at the green sheet and this green sheet of the ceramics used for manufacture of a stacked type ceramic condenser etc., can obtain a layered product, can calcinate this, and can manufacture it by the approach of subsequently preparing an external electrode.

[0018] The concrete manufacture approach is explained according to drawing 7 . It is fundamentally the same as the manufacture approach of the transducer of the 1st gestalt as mentioned above. It is inserting too much on the green sheet 13 in which piezoelectric [ which carried out printing spreading of the metal paste for the green sheet 12 of the ceramics in which the green sheet 16 of the ceramics which shows piezoelectric / which carried out printing spreading of the metal paste 15 / to a top face, and piezoelectric are not shown on the top face ] is not shown, if only a different point is described, and that the 1st layer of the upper part of a layered product and the 2nd layer were changed. It is not different from the manufacturing method of the transducer of the 1st gestalt at all other than it.

[0019] In the transducer of the 2nd gestalt, from internal electrode 3', a common electrode lead and a common terminal 5 are picked out from an internal electrode 3 and the external electrode 4, electrode lead terminal 5' is taken out, an electrical-potential-difference pulse is impressed between an electrode terminal 5 and 5', and a supersonic wave is generated. In the transducer of the 2nd gestalt, a supersonic wave is bidirectionally emitted from an interface with 1 and 1'. The supersonic waves which go to the interior of a transducer are scattered about inside the ceramic plate with which the acoustic impedance was similar like the case of the transducer of the 1st gestalt, are decreased and are extinguished. With this, the supersonic wave which goes to an opposite direction is emitted towards the exterior from the front face of a transducer. Although some supersonic waves in this will be reflected on a front face and it will go to the interior at this time, after they goes into the ceramic plate with which the acoustic



impedance was similar from the beginning like the supersonic wave which went to the interior, these is scattered about, is decreased and disappears. Therefore, the supersonic wave acquired like the transducer of the 1st gestalt also about the transducer of this gestalt serves as a short pulse.

[0020] Another description of the transducer of the 2nd gestalt is that sensibility is high as compared with the transducer of the 1st gestalt. The term of the following examples 2 describes this affair.

The example of a prototype and ultrasonic characteristics of the transducer of the example 2 2nd gestalt are described. This transducer was also manufactured using the completely same technique as the approach shown in the example 1, and ultrasonic characteristics were measured.

[0021] Respectively, in the ingredient in which piezoelectric is shown, it is  $0.7\text{Pb}(\text{nickel}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$  and  $0.3\text{Pb}(\text{Zr}_{0.7}\text{Ti}_{0.3})\text{O}_3$  0.5 Pbs ( $\text{nickel}_{1/3}\text{Nb}_{2/3}$ ) to  $\text{O}_3$  and the ingredient in which  $\text{O}_3$  and piezoelectric are not shown 0.5 Pb ( $\text{Zr}_{0.7}\text{Ti}_{0.3}$ ). The ceramic powder which consists of a presentation was used. Measuring mixing of the acrylic resin 5 weight section and the organic solvent 20 weight section mainly concerned with the terpeneol was carried out to the these ceramic powder 100 weight section, and the ceramic slurry was obtained, and it dried after casting this on a PET film, and considered as the ceramic green sheet. The platinum paste which turns into a metal paste for internal electrode ingredients from the organic solvent mainly concerned with platinum powder, cellulose system resin, and a terpeneol was used, and printing spreading was carried out on the ceramic green sheet which it does not show piezoelectric that the electrode thickness after baking is set to 5 micrometers. As shown in drawing 7 , after carrying out laminating sticking by pressure of these green sheets, at the temperature of 1100 degrees C, it applied for 2 hours, and calcinated, and the baking object was acquired.

[0022] The thickness of the ceramic plate which, as for the dimension of each part, the thickness of  $l_1 = 0.5\text{mm}$  and inclination piezo-electricity ceramic plate  $l'$  does not show [ the thickness of the inclination piezo-electricity ceramic plate 1 ]



l1'=0.5mm and piezoelectric is l2 =7mm. The inner porosity ceramic section occupies the thickness of about 2mm. Moreover, the cross section processed the about [ wxw=15mmx15mm ] dimension. As shown in drawing 5 after an appropriate time, the silver paste which consists of an organic solvent which uses glass powder, cellulose system resin, and a terpineol as a principal component was applied to the front face of the inclination piezo-electricity ceramic plate 1 as an external electrode 4 in the end of silver dust, and at the temperature of 650 degrees C, it held for 10 minutes and was able to be burned. And the direct current voltage of 2kV was impressed for 10 minutes between the electrode lead terminal 5 and 5', and the inclination piezo-electricity ceramic plate was polarized. Impress the letter electrical-potential-difference pulse of a spike of 20V, it was made to generate between the electrode lead terminal 5 and 5', and the supersonic wave emitted this underwater. And the supersonic wave emitted underwater was detected by the hydrophone.

[0023] Drawing 8 shows the time amount wave of the supersonic wave underwater emitted from this transducer. Although it is common that the short pulse is formed as compared with the wave of an example 1, in addition to it, it is clear that the amplitude of an ultrasonic pulse is large about about 4 times. Thus, in the transducer of the 2nd gestalt, it turns out that it has a transducer about 4 times the sensibility of the 1st gestalt.

[0024]

[Effect of the Invention] As mentioned above, the ultrasonic transducer using the electrostrictive ceramics of this invention can form the ultrasonic pulse to generate into a short pulse, and can improve the distance resolution of the various ultrasonic devices using an ultrasonic echo method.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the sectional side elevation of the ultrasonic transducer of the gestalt of operation of the 1st of this invention.

[Drawing 2] It is the graph which shows the change to the thickness direction of piezo-electric e constant of an inclination piezo-electricity ceramic plate.

[Drawing 3] It is the explanatory view having shown the manufacture approach by the green sheet of the ultrasonic transducer of the gestalt of the 1st operation.

[Drawing 4] It is a graph showing the time amount wave of the supersonic wave emitted from the ultrasonic transducer of the gestalt of the 1st operation.

[Drawing 5] It is the sectional side elevation of the ultrasonic transducer of the gestalt of operation of the 2nd of this invention.

[Drawing 6] It is the graph which shows the change to the thickness direction of piezo-electric e constant of the inclination piezo-electricity ceramic plate of the gestalt of the 2nd operation.

[Drawing 7] It is the explanatory view having shown the manufacture approach by the green sheet of the ultrasonic transducer of the gestalt of the 2nd operation.

[Drawing 8] It is a graph showing the time amount wave of the supersonic wave emitted from the ultrasonic transducer of the gestalt of the 2nd operation.

[Drawing 9] It is the sectional side elevation showing an example of the structure of the conventional ultrasonic transducer.

[Drawing 10] It is a graph showing the time amount wave of the supersonic wave

emitted from the ultrasonic transducer which shows the structure of drawing 9 which used the piezo-electric ceramic plate with piezo-electric uniform  $e$  constant. [Drawing 11] Piezo-electric  $e$  constant is a graph showing the time amount wave of the supersonic wave emitted from the ultrasonic transducer which shows the structure of drawing 9 which used the piezo-electric ceramic plate which carried out inclination distribution.

[Description of Notations]

11, 11' Thickness of the inclination piezo-electricity ceramic plate after baking

12 Thickness of the inclination piezo-electricity ceramic plate after baking, and the ceramic plate with which the acoustic impedance was similar

w Width of face of the ultrasonic transducer after baking

p The direction of polarization

1 1' Inclination piezo-electricity ceramic plate

2 Inclination Piezo-electricity Ceramic Plate and Ceramic Plate with which Acoustic Impedance was Similar

3 3' Internal electrode

4 External Electrode

5 5' Electrode lead terminal

6 Electrode

7 Piezo-electric Ceramic Plate by Which Polarization was Carried Out in the Thickness Direction

8 Ceramic Plate in which Piezoelectric is not Shown

9 Packing Material

10 Adhesives Layer

11 Green Sheet of Ceramics in which Piezoelectric is Shown

12 Green Sheet of Ceramics in which Piezoelectric is not Shown

13 Green Sheet of Ceramics in which Piezoelectric [ Which Printed Metal Paste ] is not Shown

14 Green Sheet of Ceramics in which Piezoelectric [ Which Prepared Many through Tubes ] is not Shown

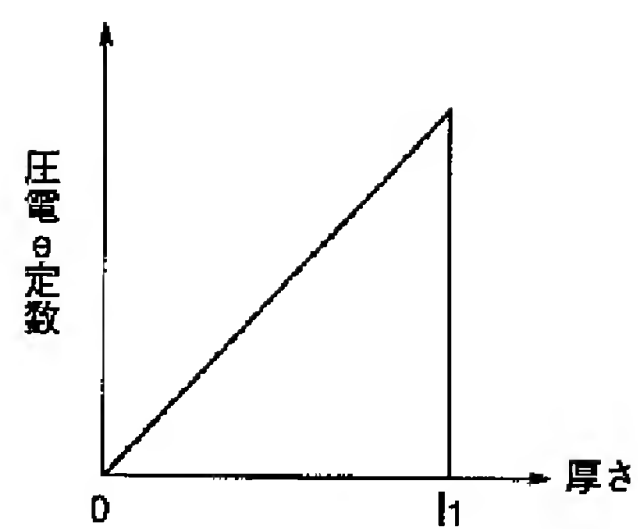
16 Green Sheet of Ceramics in which Piezoelectric [ Which Printed Metal Paste ] is Shown

\* NOTICES \*

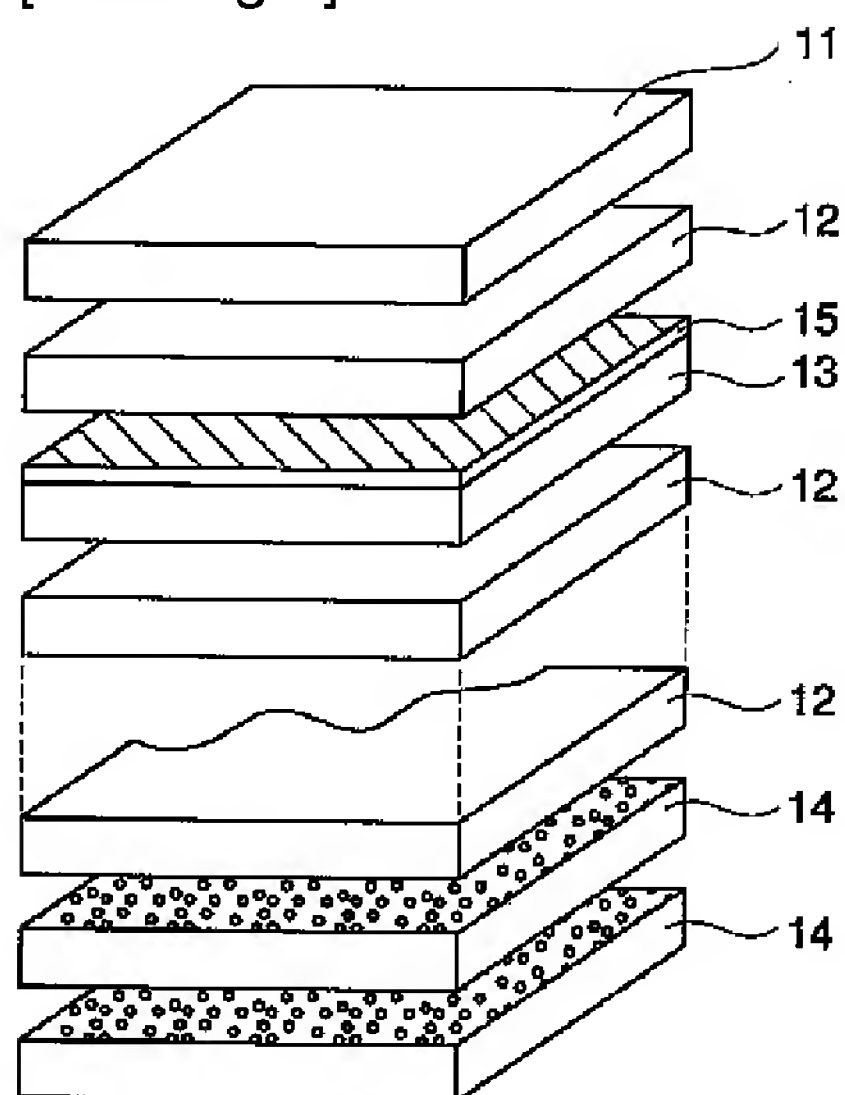
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

[Drawing 1]

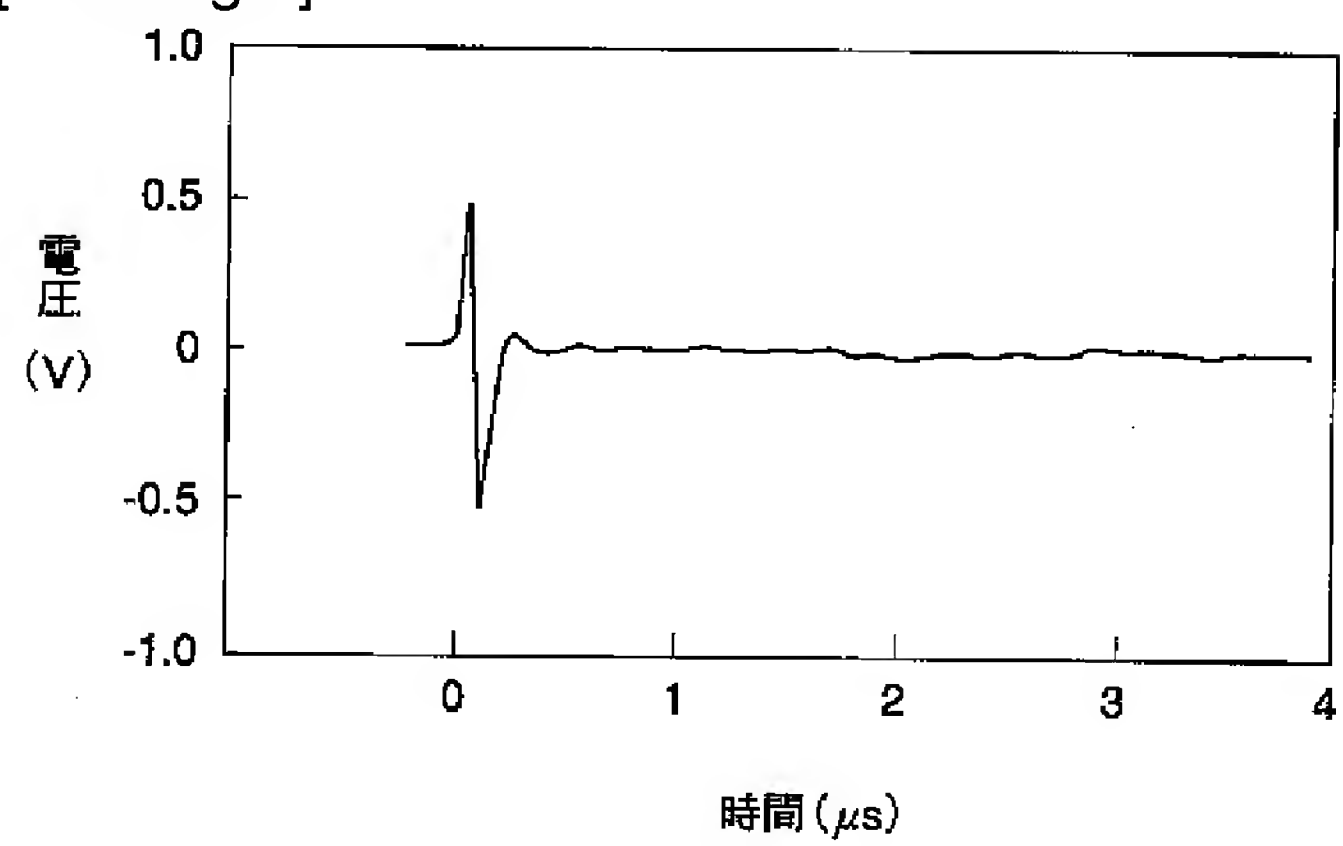




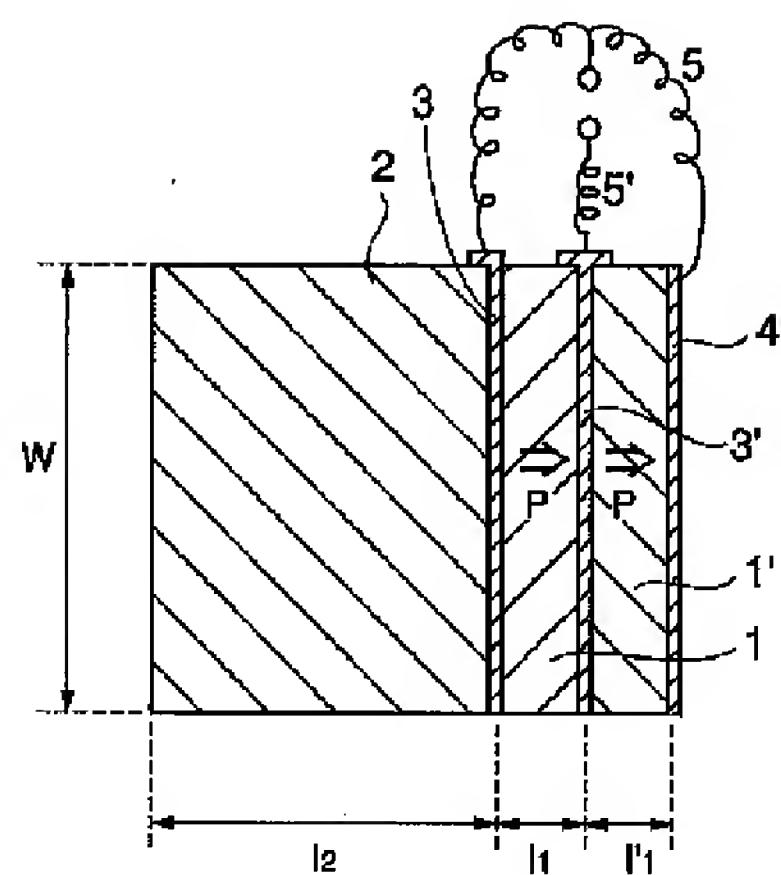
[Drawing 3]



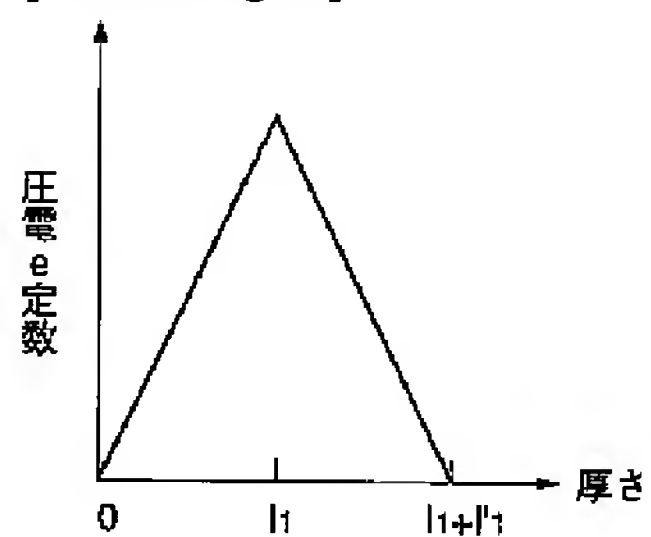
[Drawing 4]



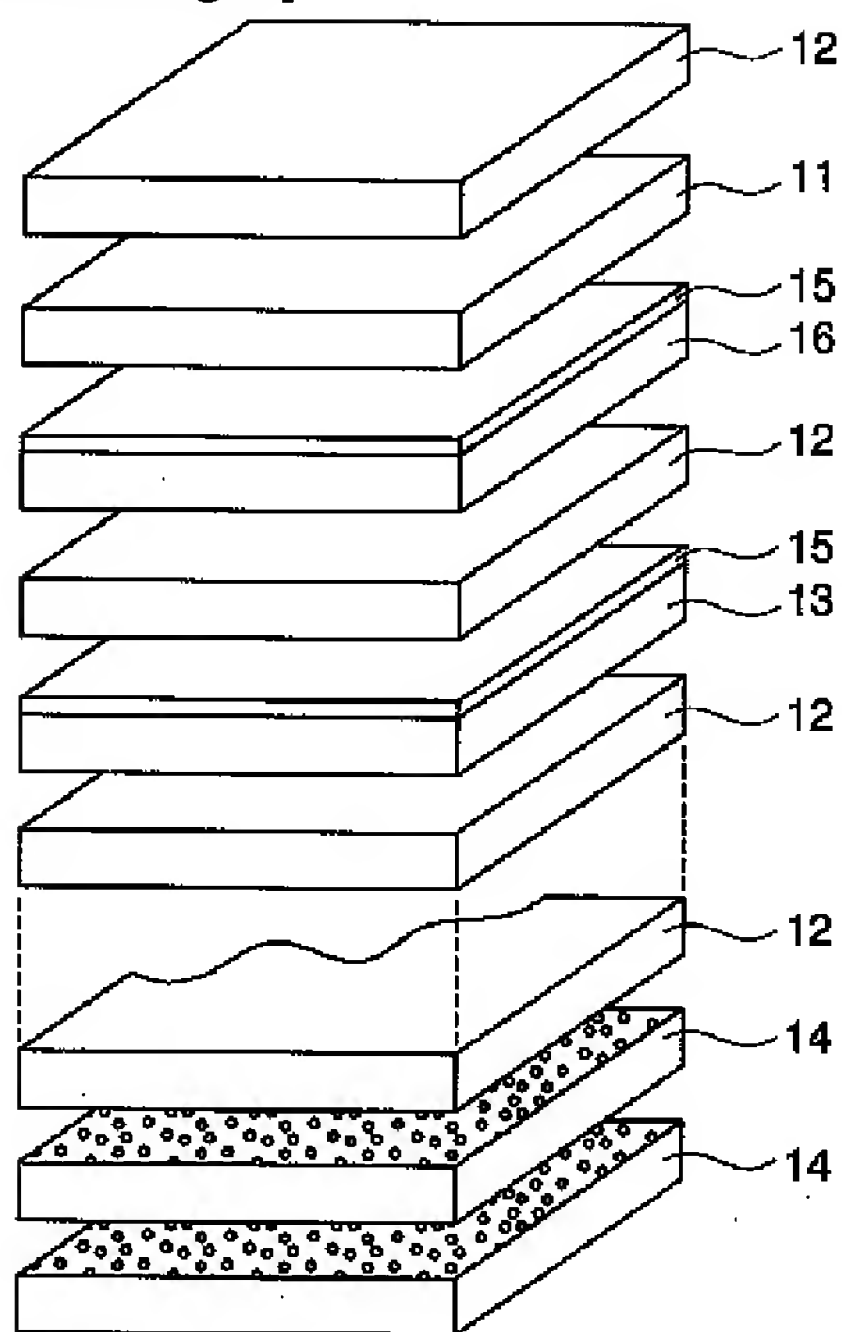
[Drawing 5]



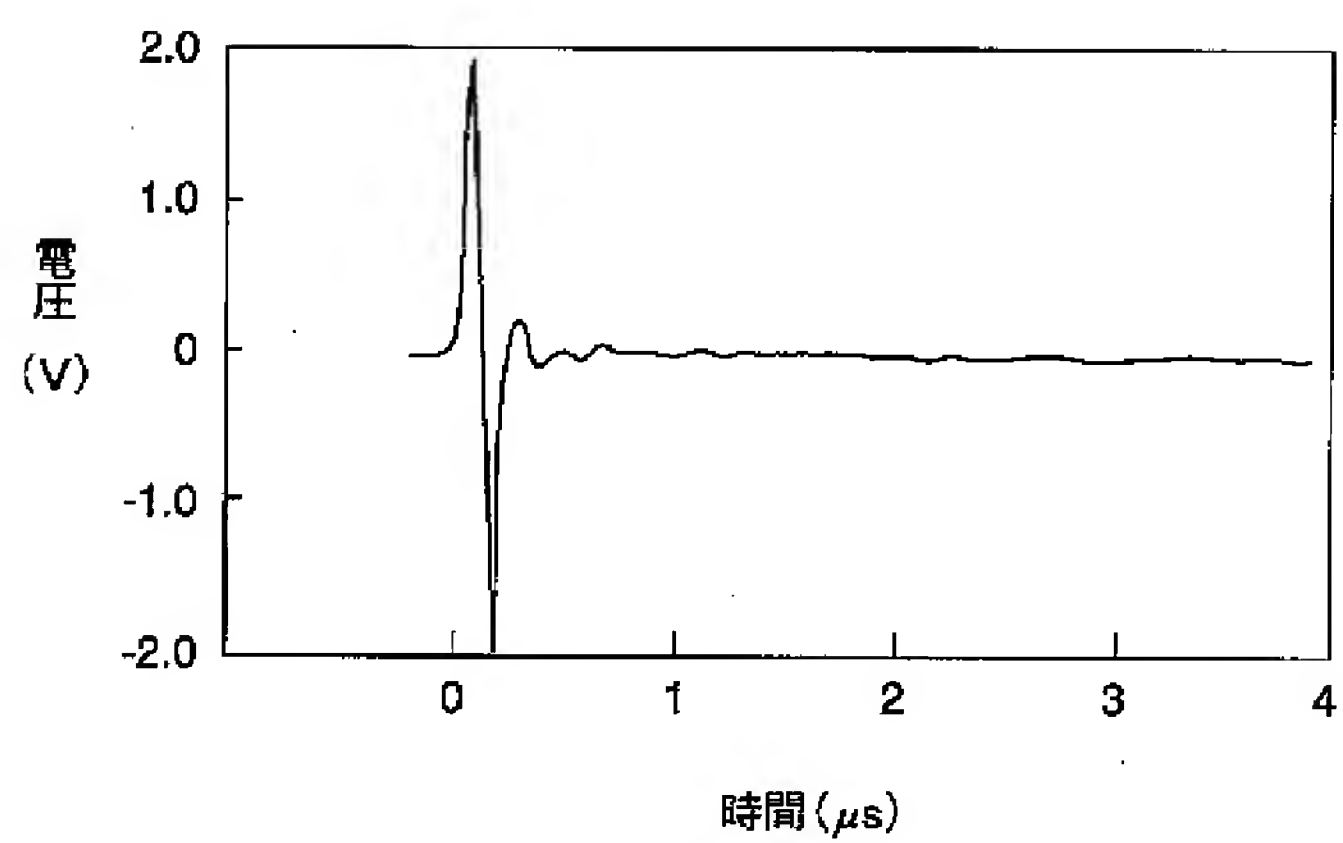
[Drawing 6]



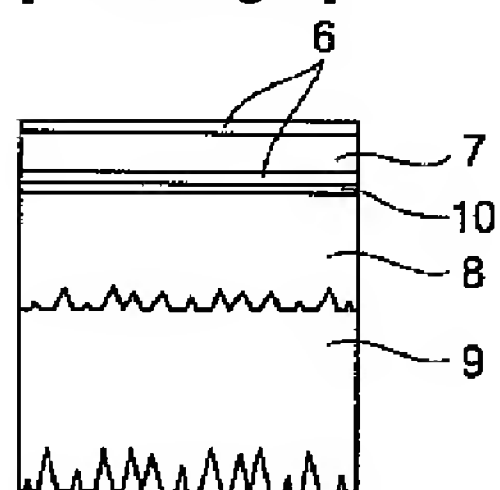
[Drawing 7]



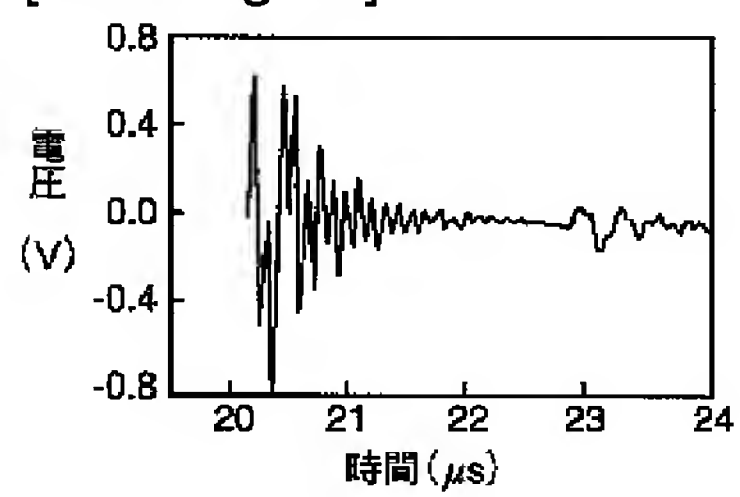
[Drawing 8]



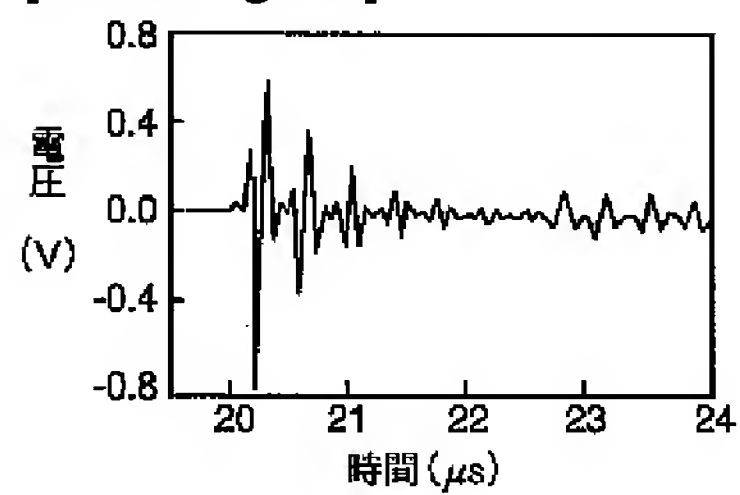
[Drawing 9]



[Drawing 10]



[Drawing 11]



---

[Translation done.]



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2003-37896  
(P2003-37896A)

(43)公開日 平成15年2月7日(2003.2.7)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト*(参考)
H 0 4 R 17/00	3 3 0	H 0 4 R 17/00	3 3 0 C 2 G 0 4 7
			3 3 0 H 4 C 3 0 1
A 6 1 B 8/00		A 6 1 B 8/00	5 D 0 1 9
G 0 1 N 29/24		G 0 1 N 29/24	
H 0 1 L 41/083		H 0 4 R 31/00	3 3 0
審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 8 頁) 最終頁に続く			

(21)出願番号 特願2001-222654(P2001-222654)

(22)出願日 平成13年7月24日(2001.7.24)

(71)出願人 598026530

エスシーエム株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目1番1号

(72)発明者 一ノ瀬 昇

神奈川県横浜市金沢区東朝比奈1-34-12

(72)発明者 遠藤 安俊

東京都羽村市羽加美1-26-5

(74)代理人 100070600

弁理士 横倉 康男

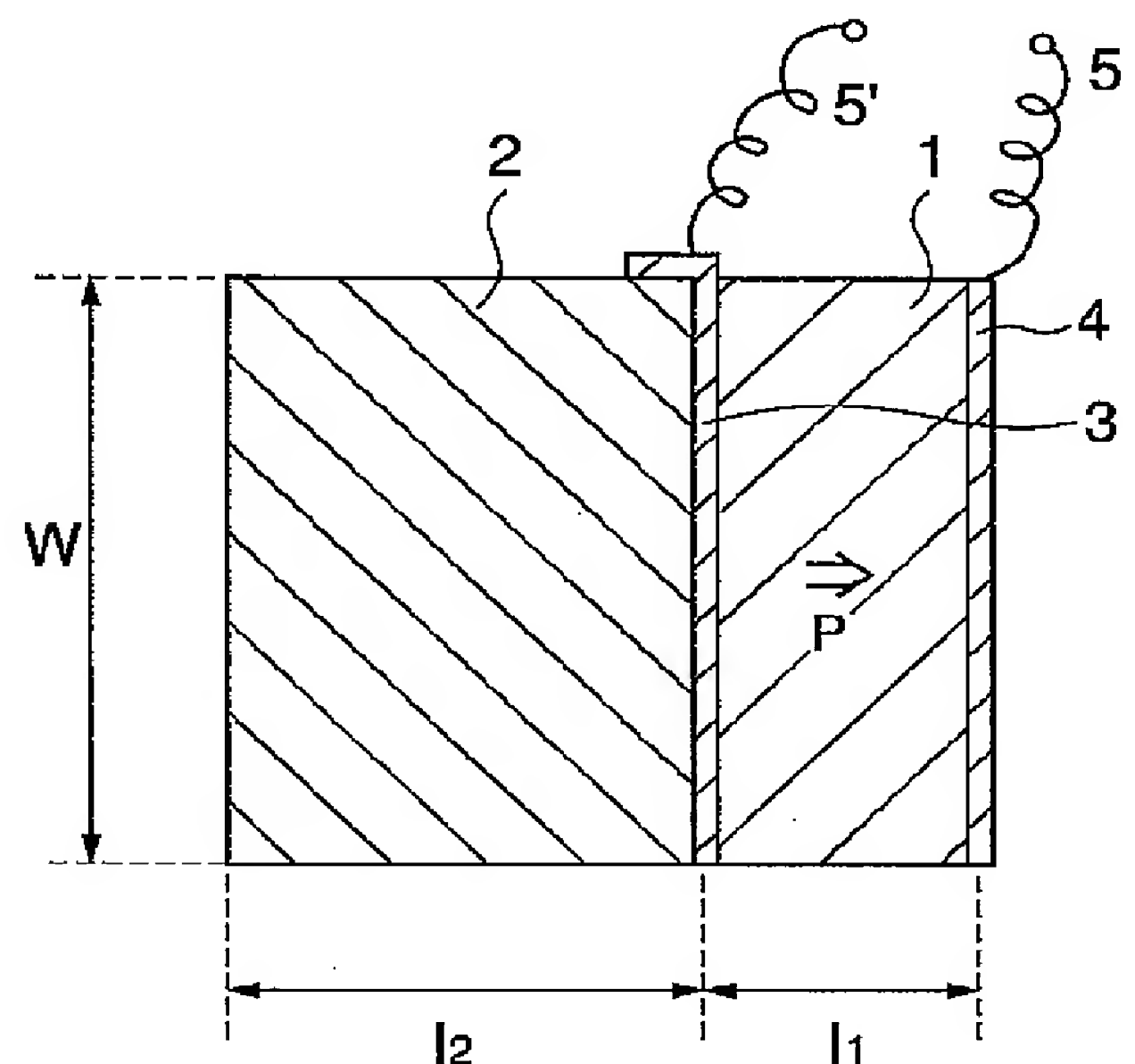
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 圧電セラミックスを用いた超音波トランスデューサ及びその製法

(57)【要約】

【課題】 各種超音波機器の距離分解能を向上させる短パルス状超音波の発生能力を有する超音波トランスデューサを提供する。

【解決手段】 厚さ方向に圧電e定数が傾斜分布した圧電セラミック板と該圧電セラミック板と音響インピーダンスが類似したセラミック板とを主要構成要素とする超音波トランスデューサであって、該圧電セラミック板の一方の面には外部電極膜が形成されており、他方の面は内部電極膜を介して圧電セラミック板と音響インピーダンスが類似したセラミック板と接合されていることを特徴とする超音波トランスデューサ。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 厚さ方向に圧電 $e$ 定数が傾斜分布した圧電セラミック板と該圧電セラミック板と音響インピーダンスが類似したセラミック板とを主要構成要素とする超音波トランスデューサであって、該圧電セラミック板の一方の面には外部電極膜が形成されており、他方の面は内部電極膜を介して圧電セラミック板と音響インピーダンスが類似したセラミック板と接合されていることを特徴とする超音波トランスデューサ。

【請求項2】 圧電セラミック板が厚さ方向に圧電 $e$ 定数が傾斜分布した二つのセラミック板からなり、これら二つのセラミック板が内部電極膜を介して接合している積層構造を有しており、かつこれら二つのセラミック板の圧電 $e$ 定数が内部電極膜を介して接合している面側で最も大きくなるように傾斜分布している請求項1に記載の超音波トランスデューサ。

【請求項3】 圧電セラミック板と音響インピーダンスが類似したセラミック板が、内部電極膜を介して圧電セラミック板と接合する面の反対側の端面部分が多孔質となっているセラミック板である請求項1又は2に記載の超音波トランスデューサ。

【請求項4】 圧電性を示すセラミック粉末からなるグリーンシート、片面に金属ペーストが印刷塗布されている圧電性を示すセラミック粉末からなるグリーンシート、圧電性を示さないセラミック粉末からなるグリーンシート及び片面に金属ペーストが印刷塗布されている圧電性を示さないセラミック粉末からなるグリーンシートを適宜積み重ね、圧着し、焼成し、次いで外部電極を付設することを特徴とする厚さ方向に圧電 $e$ 定数が傾斜分布した圧電セラミック板と該圧電セラミック板と音響インピーダンスが類似したセラミック板とを主要構成要素とする超音波トランスデューサの製法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は圧電セラミックスを用いた超音波トランスデューサに関し、特に超音波エコー法で使用される高分解能で高感度な圧電セラミックスを用いた超音波トランスデューサに関する。更に、特に距離分解能を向上させる圧電セラミックスを用いた超音波トランスデューサに関する。

【0002】

【従来の技術】魚群探知機やソナーなどの水中超音波機器、超音波探傷機や超音波厚さ計などの超音波非破壊検査機器および超音波診断装置などの医用超音波機器などでは、超音波トランスデューサに電気信号を入力して超音波を発生させ、この超音波を超音波媒体中に伝搬させて媒体中に存在する音響インピーダンスの異なった部分からの反射波を検出する超音波エコー法が広く用いられている。ここで音響インピーダンスとは、媒体中における音波の伝搬のしやすさを表しており、媒体（物質）に

より固有の値を持つ。音響インピーダンスが異なる媒体間では、その境界で音波の反射と透過が起こる。例えば、2つの媒体間の音響インピーダンスが同程度であれば音波は良く透過し、反射波は非常に少ない。逆にこの差が大きいと透過波は少なく反射波が非常に多くなる。これを利用したのが前述の超音波エコー法である。そしてここに使用される超音波トランスデューサに対しては、発生する超音波の時間波形が短いほど上記の各種超音波機器の距離分解能が向上するため、この超音波の時間波形を可能な限り短くすることが要求されてきている。

【0003】従来、超音波トランスデューサの代表的な構造とそのトランスデューサから発生する超音波の時間波形は、たとえば文献（第29回EMシンポジウム講演論文集、平成12年5月18日発行、山崎大輔、山田顕、中村喜良著、37頁-42頁）に示されている。図9は従来の超音波トランスデューサの構造を示す図で、両面に金属電極膜（電極）6を形成した厚さ方向に分極された圧電セラミック板7の片面に分極されていない同材質のセラミック板8（以下、圧電性を示さないセラミック板という）が電極膜を介して接着剤（接着剤層10）を用いて貼り付けられ、さらにその後ろにはアラライトとタングステン粉末の混合物からなるパッキング材9が形成されている。

【0004】図10には上記トランスデューサの圧電セラミック板として、厚さ方向に関して圧電 $e$ 定数が一様に分布した圧電セラミック板を使用したトランスデューサを電圧パルスで駆動した場合に圧電セラミック板の表面から外部に放射される超音波パルスの時間波形が示されている。放射された超音波は単一パルスではなく長いパルス列を形成しており、時間波形が長くなっている。

【0005】また図11には圧電セラミック板として、厚さ方向に関して圧電 $e$ 定数が傾斜分布した圧電セラミック板（以下、傾斜圧電セラミック板という）を使用したトランスデューサを、電圧パルスで駆動した場合に傾斜圧電セラミック板の表面から外部に放射される超音波パルスの時間波形が示されている。これを先の図10と比較すると、超音波パルスの密度は低くなるがパルス列の時間軸上の幅には変化が認められず、厚さ方向に関して圧電 $e$ 定数が一様に分布した圧電セラミック板を使用した前述のトランスデューサと同様に時間波形は長い。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上記従来技術の時間波形が長いという問題点は、トランスデューサを構成する圧電セラミック板と圧電性を示さないセラミック板が接着剤を用いて接合され、圧電性を示さないセラミック板の後ろにパッキング材が形成されているために生じる。即ちセラミック板と接着剤で音響インピーダンスが異なるため、圧電セラミック板で発生した超音波がこれら境界で何度も反射（以下多重反射という）されながら外部

に放射されることになり、超音波の時間波形を短くできないのである。このようにこれら構成部材を接着剤で貼り合わせた従来の構成では、接着剤とこれらセラミック板とで音響インピーダンスが大きく異なるため、基本的にこの問題の解決は難しい。接着剤層の厚さを極めて薄くして問題解決を計ることも理論的には可能と思えるが、超音波トランスデューサの使用に対して実用的な接着強度を維持することは困難である。

【0007】本発明は上記のような音響的な不連続性を解消した、実用性の高い圧電セラミックスを用いた超音波トランスデューサを提供するものである。詳しくは、本発明の超音波トランスデューサは反射波に起因して発生して外部に放射される長いパルスの超音波が発生しないため、外部に放射される超音波パルスを短パルス化でき、超音波エコー法を利用した各種超音波機器の距離分解能を改善することが可能な超音波トランスデューサを提供するものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、厚さ方向に圧電 $e$ 定数が傾斜分布した圧電セラミック板と該圧電セラミック板と音響インピーダンスが類似したセラミック板とを主要構成要素とする超音波トランスデューサであって、該圧電セラミック板の一方の面には外部電極膜が形成されており、他方の面は内部電極膜を介して圧電セラミック板と音響インピーダンスが類似したセラミック板と接合されていることを特徴とする超音波トランスデューサを要旨とするものである。また、本発明は、前記発明において、圧電セラミック板が厚さ方向に圧電 $e$ 定数が傾斜分布した二つのセラミック板からなり、これら二つのセラミック板が内部電極膜を介して接合している積層構造を有しており、かつこれら二つのセラミック板の圧電 $e$ 定数が内部電極膜を介して接合している面側で最も大きくなるように傾斜分布している超音波トランスデューサを要旨とするものである。

【0009】また、本発明は、前記発明において、圧電セラミック板と音響インピーダンスが類似したセラミック板が、内部電極膜を介して圧電セラミック板と接合する面の反対側の端面部分が多孔質となっているセラミック板である超音波トランスデューサを要旨とするものである。更に、本発明は、圧電性を示すセラミック粉末からなるグリーンシート、片面に金属ペーストが印刷塗布されている圧電性を示すセラミック粉末からなるグリーンシート、圧電性を示さないセラミック粉末からなるグリーンシートおよび片面に金属ペーストが印刷塗布されている圧電性を示さないセラミック粉末からなるグリーンシートを適宜積み重ね、圧着し、焼成し、次いで外部電極を付設することを特徴とする厚さ方向に圧電 $e$ 定数が傾斜分布した圧電セラミック板と該圧電セラミック板と音響インピーダンスが類似したセラミック板とを主要構成要素とする超音波トランスデューサの製法を要旨とす

るものである。

【0010】

【発明の実施の形態】以下に本発明の超音波トランスデューサについて具体的に説明する。

(第1の実施の形態) 図1は、本発明の第1の実施の形態である圧電セラミックスを用いた超音波トランスデューサの構造を示す側断面図である。図中で1は図2のグラフに示すような厚さ方向に圧電 $e$ 定数が傾斜分布した圧電セラミック板(傾斜圧電セラミック板)である。なお、圧電 $e$ 定数の傾斜分布が図2のグラフとは逆に右下りであってもよい。2は1と音響インピーダンスが類似したセラミック板である。そして1と2は超音波を反射しない程度に薄い電極膜(内部電極)3を介して接着剤を用いずに接合されており、このため両者は音響インピーダンスが不整合なく接合されている。4は傾斜圧電セラミック板1の表面に形成された金属電極膜(外部電極)で、5はこれから取り出された電極リードと端子である。また5'は3から取り出された電極リードと端子である。

【0011】ここで、このセラミック板2は、内部電極3との接合面の反対側の端面部分が多孔質構造となっていることが好ましい。また、本発明ではセラミック板2の内部電極3との接合面の反対側にパッキング材を付設する必要はないが、トランスデューサの製造に際してこれを用いても構わない。本発明のトランスデューサの製造方法は、例えば積層セラミックコンデンサなどの製造に用いられている、セラミックスのグリーンシートおよびこのグリーンシートに金属ペーストを印刷塗布したセラミックスのグリーンシートとを積層して圧着し、これを焼成する方法で製造することができる。セラミック粉末の作製工程、これらセラミック粉末からグリーンシートを作製する工程、所望のグリーンシートの表面に金属ペーストを印刷する工程、これらグリーンシートを所定の構造を有するトランスデューサとなるよう積層圧着して積層体とする工程、得られたグリーンシートの積層体を焼結する工程、圧電セラミック板に外部電極を形成する工程、圧電セラミック板を分極する工程などを経て製造される。なお、傾斜圧電セラミック板1は圧電性を示す組成のセラミック粉末からなるグリーンシートと圧電性を示さない組成のセラミック粉末からなるグリーンシートとの積層体を焼成することで得られる。この時、各セラミックの成分が境界部で相互拡散を起こし、これにより組成が連続的に変化した圧電 $e$ 定数が厚さ方向に連続的に変化するようになる。音響インピーダンスが類似したセラミック板2は、例えば、上述のような圧電性を示す組成のセラミック粉末からなるグリーンシート、圧電性を示さない組成のセラミック粉末からなるグリーンシート、またはこれらと類似の組成のセラミック粉末からなるグリーンシートの積層体を焼成することで得られる。このセラミック板2の一部を多孔質とするにはセラ



ミック板2を形成するグリーンシートのうち多孔質とすべき部分のグリーンシートとして任意の位置に多数の貫通孔を有するグリーンシートを使用すれば良い。他にセラミックグリーンシート中に焼成後に空洞を生じるような樹脂ビーズを混入させたものを使用しても良い。

【0012】次に図3を用いて第1の形態の構造を有するトランスデューサの製造方法について具体的に述べる。図中で11は圧電性を示すセラミック粉末のグリーンシートであり、12は圧電性を示さないセラミック粉末のグリーンシートである。また12と同じグリーンシート13上には金属ペースト15が印刷塗布されている。この時、焼成後の電極厚みが厚すぎると超音波をこの電極面で反射してしまうため、超音波を反射しない程度の厚みとなるように印刷塗布する。14は12のグリーンシートに多数の小さな貫通孔を設けたグリーンシートである。これらのグリーンシートを図示のように積み重ねて圧着する。そしてこの積層体を焼成し、次いで、焼成により得られた圧電セラミック板の端面に、例えば金属ペーストを印刷塗布、焼成して外部電極を形成することで第1の形態の構造を有するトランスデューサを得る。

【0013】なお、外部電極はその外種々の方法により形成することができるが、予め圧電性を示すセラミック粉末のグリーンシート上に金属ペーストを印刷塗布したシートを用いて、積層体の焼成と同時に焼成して形成することもできる。このようにして得られた第1の実施の形態の構造を有するトランスデューサでは電極端子5と5'との間に直流高電圧を印加して圧電セラミック板を分極する。分極Pの方向は図示の方向でも、これとは逆の方向であっても良い。超音波は電極端子5と5'との間に電圧パルス印加して発生させる。この時、超音波は傾斜電圧セラミック板の圧電定数の大きな一面から双方向に向けて放射されるが、トランスデューサの内部に向けて放射された超音波は内部電極で反射されることなくこれを通過して音響インピーダンスが類似したセラミック板に入射され、反対側の端面に向かい進行する。そしてこの超音波はセラミック板内の端面部分に存在する多数の空孔で乱反射を繰り返して減衰し消滅するためトランスデューサの前面から放射されることはない。その結果、この超音波トランスデューサを用いれば圧電セラミック板の両面や圧電セラミック板と音響インピーダンスが類似したセラミック板との境界での超音波の多重反射のない、短パルスの超音波を得ることができる。

#### 【0014】実施例1

第1の実施の形態であるトランスデューサの試作例とその超音波特性についてのべる。それぞれ、圧電性を示す材料には $0.5\text{Pb}(\text{Ni}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3 \cdot 0.5\text{Pb}(\text{Zr}_{0.7}\text{Ti}_{0.3})\text{O}_3$ 、圧電性を示さない材料には $0.7\text{Pb}(\text{Ni}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3 \cdot 0.3\text{Pb}(\text{Zr}_{0.7}\text{Ti}_{0.3})\text{O}_3$ の組成からなるセラミック粉

末を使用した。これらセラミック粉末100重量部に対して、アクリル樹脂5重量部、テルピネオールを主とした有機溶剤20重量部とを計量混合しセラミックスラリーを得、これをPETフィルム上にキャスト後乾燥してセラミックグリーンシートとした。内部電極材料用金属ペーストには白金粉末、セルロース系樹脂、テルピネオールを主とした有機溶剤からなる白金ペーストを使用し、焼成後の電極厚みが $5\mu\text{m}$ となるよう圧電性を示さないセラミックグリーンシート上に印刷塗布した。これらグリーンシートを図3に示すように積層圧着したのち、 $1100^\circ\text{C}$ の温度で2時間かけ焼成し、焼成体を得た。この焼成体を厚さ $l_1 + l_2 = 8\text{mm}$ 、断面を $w \times w = 15\text{mm} \times 15\text{mm}$ 程度の寸法に加工した。ここで傾斜圧電セラミック板の厚さは $l_1 = 1\text{mm}$ 、圧電性を示さないセラミック板の厚さは $l_2 = 7\text{mm}$ である。その内多孔質セラミック部分は約2mmの厚さを占めている。

【0015】しかる後、図1に示すように傾斜圧電セラミック板1の表面に外部電極4として銀粉末、ガラス粉末、セルロース系樹脂、テルピネオールを主成分とする有機溶剤からなる銀ペーストを塗布して $650^\circ\text{C}$ の温度で10分間保持し焼き付けた。そして電極リード端子5、5'の間に2kVの直流電圧を10分間印加して傾斜圧電セラミック板を分極した。超音波は電極リード端子5、5'間に20Vのスパイク状電圧パルス印加して発生させ、これを水中に放射した。そして水中に放射された超音波をハイドロフォンで検出した。

【0016】図4のグラフにはこのトランスデューサから水中に放射された超音波の時間波形の測定結果を示す。縦軸はハイドロフォンの出力電圧であり、これは超音波の振幅に比例した量である。図10、11と比較すれば超音波は短パルス化されていることが明瞭である。

(第2の実施の形態) 図5は本発明の第2の実施の形態である圧電セラミック板を用いた超音波トランスデューサの構造の側断面を示す図である。ここで第1の実施の形態である超音波トランスデューサとは、圧電セラミック板以外は同じであるため、特に圧電セラミック板について説明する。図中で1と1'とは傾斜圧電セラミック板で、両者は薄い金属の電極膜で構成された内部電極3'を介し接合されている。そして1と1'では、圧電e定数の傾斜が図6に示すように内部電極3'に対して対称的に傾斜している。又1と1'とで分極Pの向きは同じである。

【0017】第2の実施の形態のトランスデューサの製造方法は、第1の実施の形態のトランスデューサの製造方法と同様に、積層セラミックコンデンサなどの製造に用いられているセラミックスのグリーンシートおよびこのグリーンシートに金属ペーストを印刷塗布したセラミックスのグリーンシートとを積層圧着して積層体を得、これを焼成し、次いで外部電極を設ける方法で製造する

ことができる。

【0018】具体的な製造方法を図7に従って説明する。上述のように基本的には第1の形態のトランスデューサの製造方法と同じである。異なる点のみについて述べると、上面に金属ペースト15を印刷塗布した圧電性を示すセラミックスのグリーンシート16と圧電性を示さないセラミックスのグリーンシート12とを上面に金属ペーストを印刷塗布した圧電性を示さないグリーンシート13上に余分に挟むこと、及び積層体の上部の第1層と第2層とが入れ替わっていることである。それ以外は第1の形態のトランスデューサの製造法と全くかわることがない。

【0019】第2の形態のトランスデューサでは内部電極3と外部電極4から共通の電極リードと端子5が取り出され、内部電極3'からは電極リード端子5'が取り出されており、電極端子5と5'の間に電圧パルスを印加して超音波を発生させる。第2の形態のトランスデューサでは超音波は1と1'との境界面から双方向に放射される。トランスデューサの内部に向かう超音波は第1の形態のトランスデューサの場合と同様にして音響インピーダンスの類似したセラミック板内部で散乱され減衰し消滅する。これとは反対方向に向かう超音波はトランスデューサの表面から外部に向けて放射される。この時、この中の一部の超音波は表面で反射されて内部に向かうことになるが、これは最初から内部に向かった超音波と同様にして音響インピーダンスの類似したセラミック板に入った後、散乱され減衰し消滅する。従ってこの形態のトランスデューサに関しても第1の形態のトランスデューサと同様に得られる超音波は短パルスとなる。

【0020】第2の形態のトランスデューサのもう1つの特徴は、第1の形態のトランスデューサと比較して感度が高いことである。この件は以下の実施例2の項で述べる。

#### 実施例2

第2の形態のトランスデューサの試作例とその超音波特性について述べる。このトランスデューサも実施例1に示した方法と全く同じ手法を用いて製造され、超音波特性が測定された。

【0021】それぞれ、圧電性を示す材料には $0.5\text{Pb}(\text{Ni}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3 \cdot 0.5\text{Pb}(\text{Zr}_{0.7}\text{Ti}_{0.3})\text{O}_3$ 、圧電性を示さない材料には $0.7\text{Pb}(\text{Ni}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3 \cdot 0.3\text{Pb}(\text{Zr}_{0.7}\text{Ti}_{0.3})\text{O}_3$ の組成からなるセラミック粉末を使用した。これらセラミック粉末100重量部に対して、アクリル樹脂5重量部、テルピネオールを主とした有機溶剤20重量部とを計量混合しセラミックスラリーを得、これをPETフィルム上にキャスト後乾燥してセラミックグリーンシートとした。内部電極材料用金属ペーストには白金粉末、セルロース系樹脂、テルピネオールを主とした有機溶剤からなる白金ペーストを使用し、焼成後

の電極厚みが $5\mu\text{m}$ となるよう圧電性を示さないセラミックグリーンシート上に印刷塗布した。これらグリーンシートを図7に示すように積層圧着したのち、 $1100^\circ\text{C}$ の温度で2時間かけ焼成し、焼成体を得た。

【0022】各部の寸法は傾斜圧電セラミック板1の厚さが $l_1 = 0.5\text{mm}$ 、傾斜圧電セラミック板1'の厚さが $l_1' = 0.5\text{mm}$ 、圧電性を示さないセラミック板の厚さが $l_2 = 7\text{mm}$ である。その内多孔質セラミック部は約2mmの厚さを占めている。また、断面は $w \times w = 15\text{mm} \times 15\text{mm}$ 程度の寸法に加工した。しかる後図5に示すように傾斜圧電セラミック板1の表面に外部電極4として銀粉末、ガラス粉末、セルロース系樹脂、テルピネオールを主成分とする有機溶剤からなる銀ペーストを塗布して $650^\circ\text{C}$ の温度で10分間保持し焼き付けた。そして電極リード端子5、5'の間に2kVの直流電圧を10分間印加して傾斜圧電セラミック板を分極した。超音波は電極リード端子5、5'間に20Vのスパイク状電圧パルスを印加して発生させ、これを水中に放射した。そして水中に放射された超音波をハイドロフォンで検出した。

【0023】図8はこのトランスデューサから水中に放射された超音波の時間波形を示している。実施例1の波形と比較して短パルス化されていることは共通しているが、それ以外には超音波パルスの振幅が約4倍程度大きいことが明らかである。この様に第2の形態のトランスデューサでは第1の形態のトランスデューサの約4倍の感度を有することが分かる。

#### 【0024】

【発明の効果】以上のように、本発明の圧電セラミックスを用いた超音波トランスデューサは、発生する超音波パルスを短パルス化することができ、超音波エコー法を利用した各種超音波機器の距離分解能を改善することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態の超音波トランスデューサの側断面図である。

【図2】傾斜圧電セラミック板の圧電e定数の厚さ方向に対する変化を示すグラフである。

【図3】第1の実施の形態の超音波トランスデューサのグリーンシートによる製造方法を示した説明図である。

【図4】第1の実施の形態の超音波トランスデューサから放射された超音波の時間波形を表したグラフである。

【図5】本発明の第2の実施の形態の超音波トランスデューサの側断面図である。

【図6】第2の実施の形態の傾斜圧電セラミック板の圧電e定数の厚さ方向に対する変化を示すグラフである。

【図7】第2の実施の形態の超音波トランスデューサのグリーンシートによる製造方法を示した説明図である。

【図8】第2の実施の形態の超音波トランスデューサから放射された超音波の時間波形を表したグラフである。

【図9】従来の超音波トランスデューサの構造の一例を示す側断面図である。

【図10】圧電 $e$ 定数が一様な圧電セラミック板を使用した図9の構造を示す超音波トランスデューサから放射された超音波の時間波形を表したグラフである。

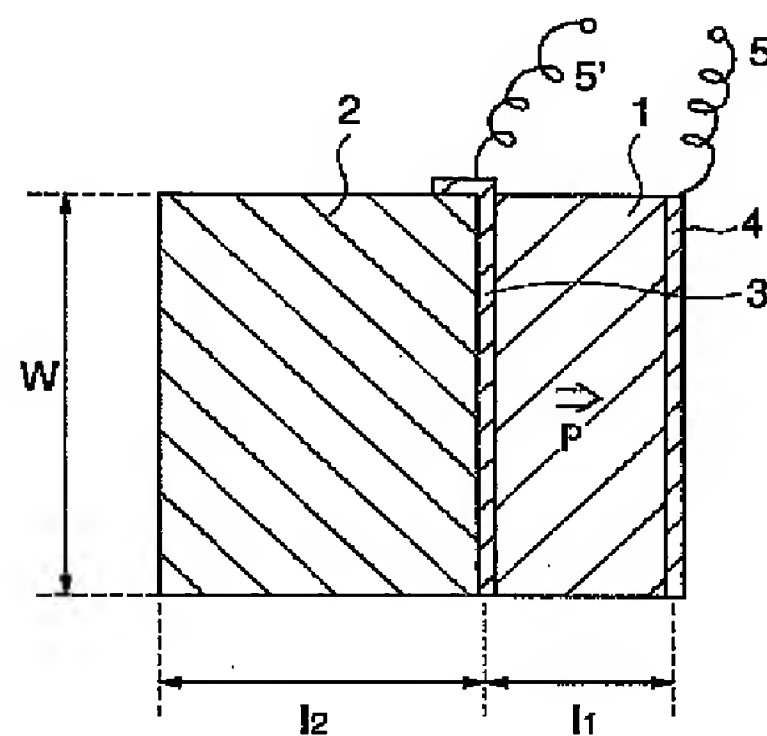
【図11】圧電 $e$ 定数が傾斜分布した圧電セラミック板を使用した図9の構造を示す超音波トランスデューサから放射された超音波の時間波形を表したグラフである。

【符号の説明】

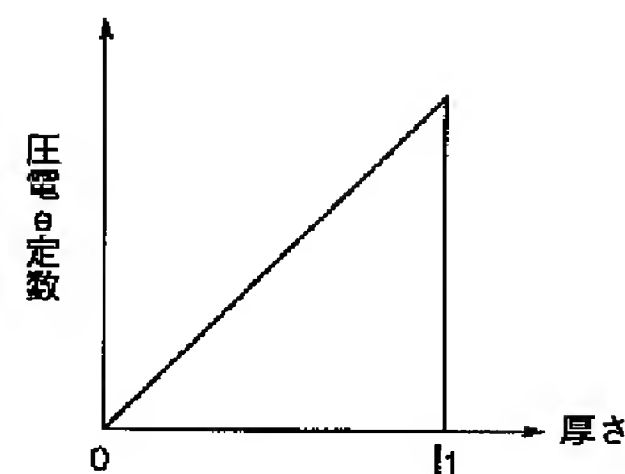
$l_1$ ,  $l_1'$  焼成後の傾斜圧電セラミック板の厚さ  
 $l_2$  焼成後の傾斜圧電セラミック板と音響インピーダンスが類似したセラミック板の厚さ  
 $w$  焼成後の超音波トランスデューサの幅  
 $p$  分極の方向  
 $1, 1'$  傾斜圧電セラミック板  
 $2$  傾斜圧電セラミック板と音響インピーダンスが類似したセラミック板  
 $3, 3'$  内部電極

4 外部電極  
 $5, 5'$  電極リード端子  
6 電極  
7 厚さ方向に分極された圧電セラミック板  
8 圧電性を示さないセラミック板  
9 パッキング材  
10 接着剤層  
11 圧電性を示すセラミックスのグリーンシート  
12 圧電性を示さないセラミックスのグリーンシート  
13 (金属ペーストを印刷した) 圧電性を示さないセラミックスのグリーンシート  
14 多数の貫通孔を設けた圧電性を示さないセラミックスのグリーンシート  
15 セラミックスのグリーンシート上に印刷された金属ペースト  
16 (金属ペーストを印刷した) 圧電性を示すセラミックスのグリーンシート

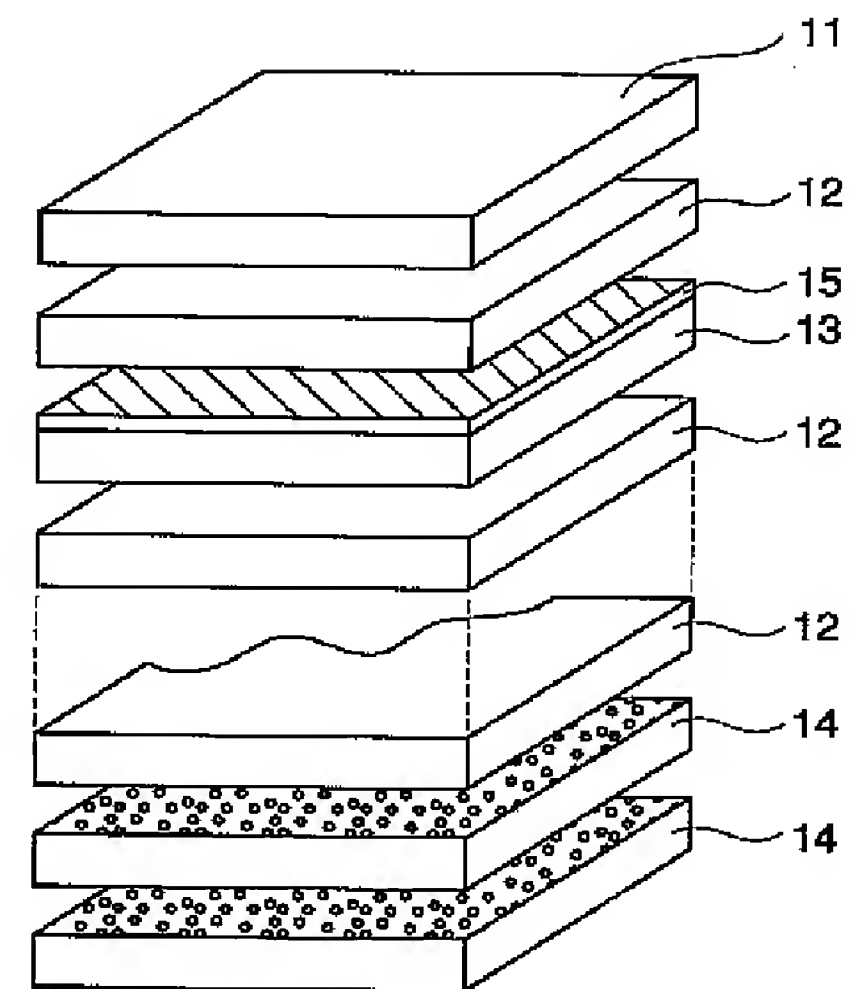
【図1】



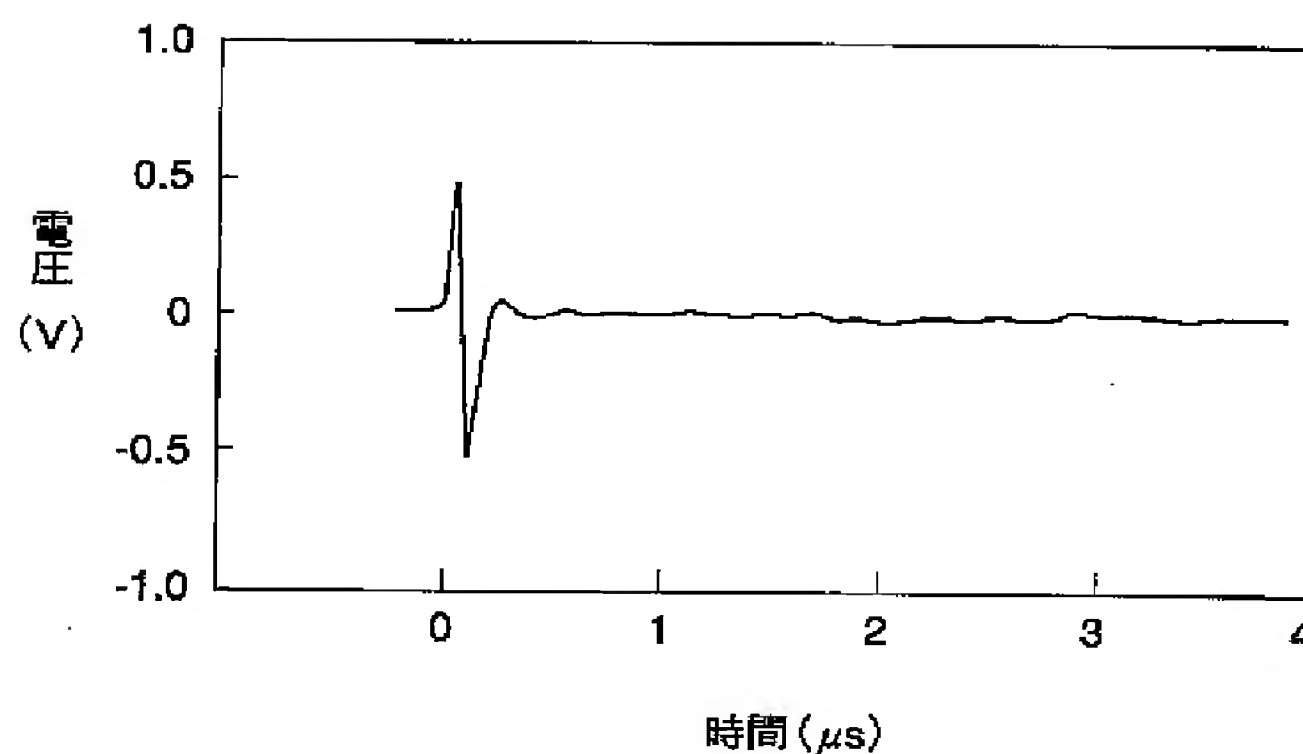
【図2】



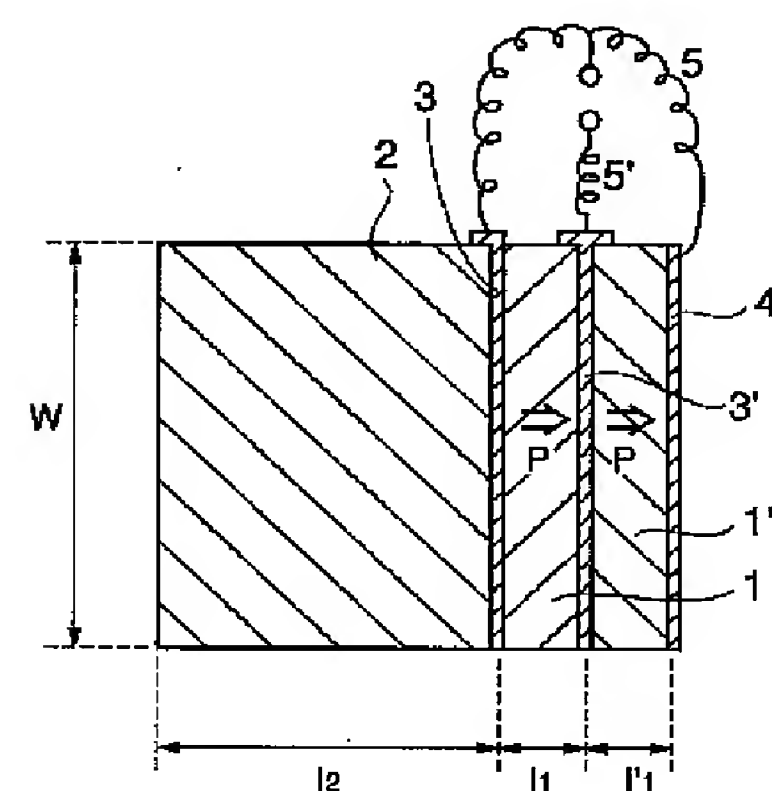
【図3】



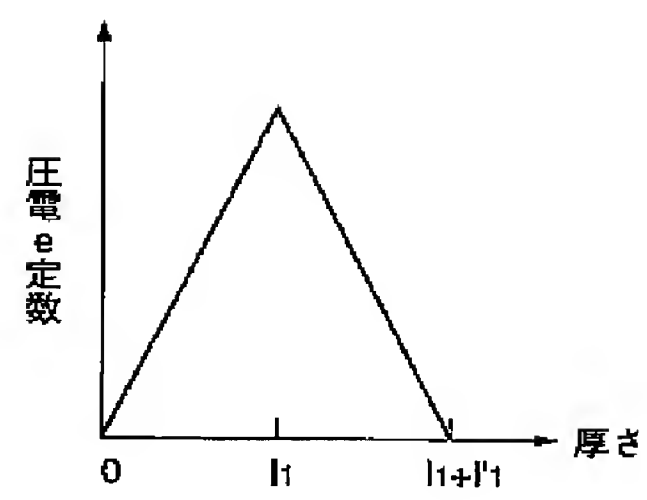
【図4】



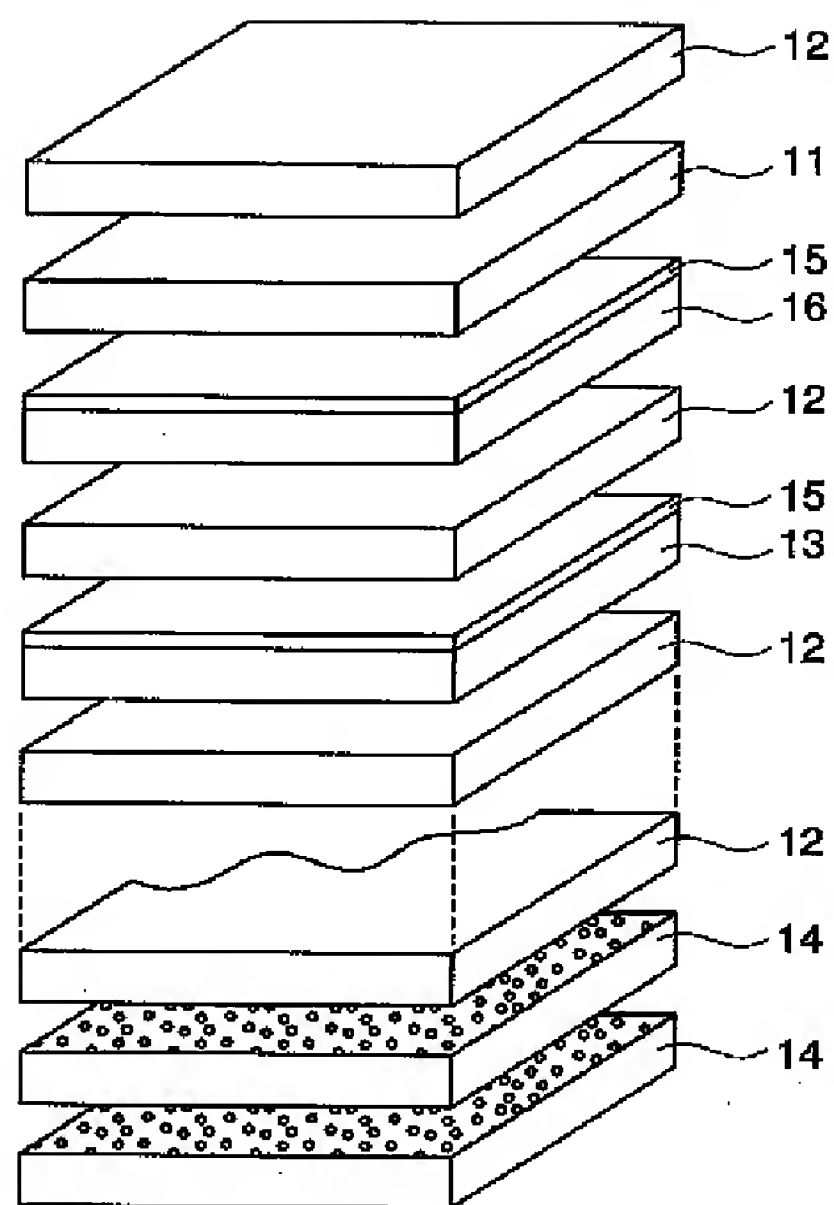
【図5】



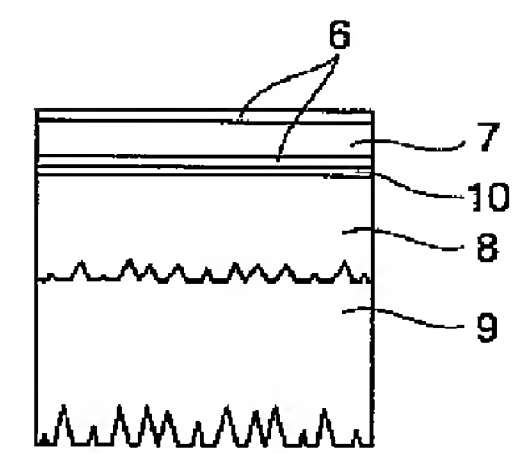
【図6】



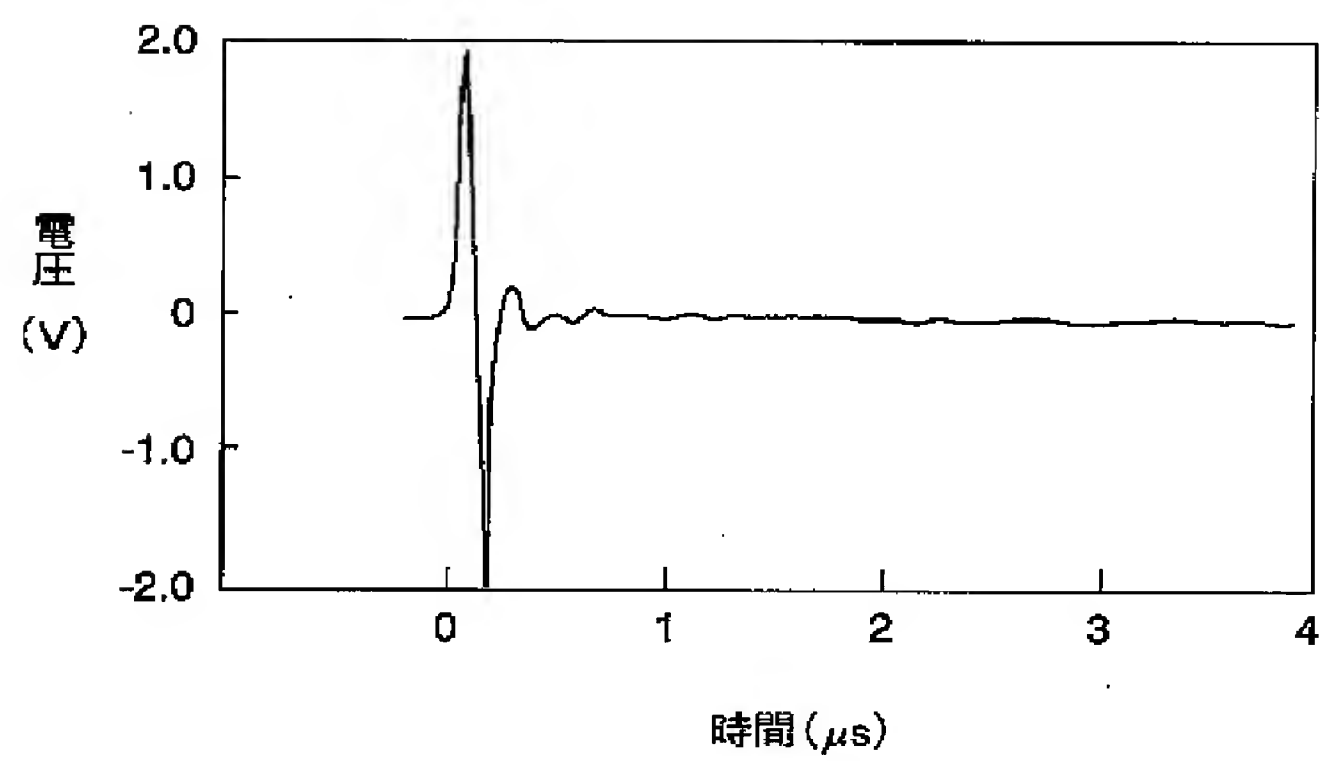
【図7】



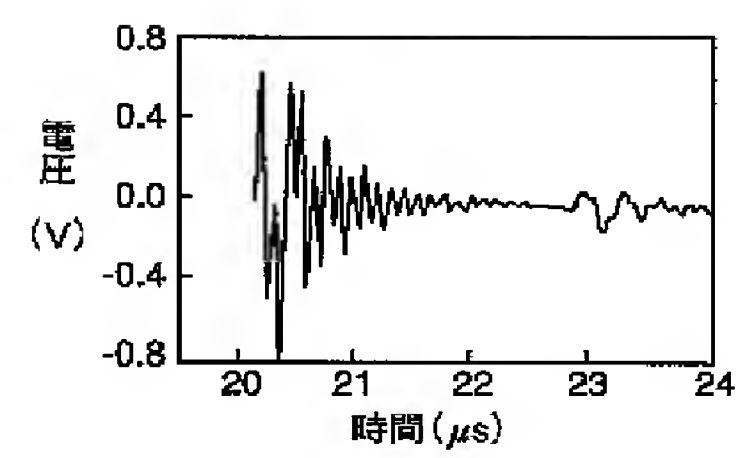
【図9】



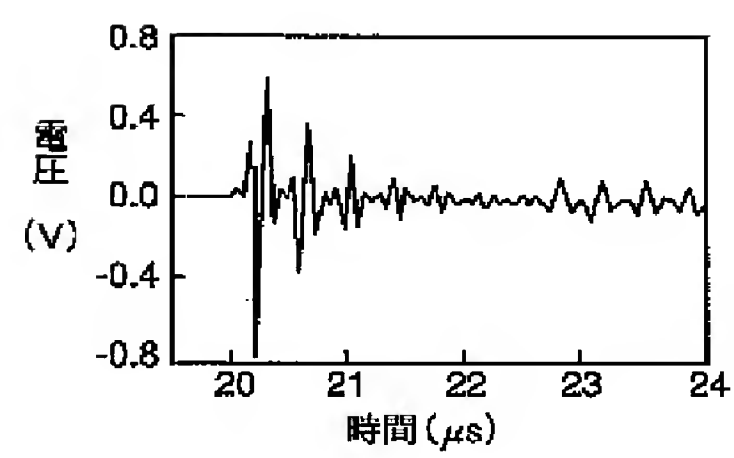
【図8】



【図10】



【図11】





フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ド' (参考)
H O 1 L 41/187		H O 1 L 41/08	S
41/22		41/18	1 O 1 F
H O 4 R 31/00	3 3 0	41/22	Z
F タ-ム(参考)	2G047 EA03 GB11 GB32 GB33 GB35		
	4C301 EE03 GB01 GB18 GB33 GB34		
	GB36		
	5D019 AA26 BB02 BB13 BB25 BB29		
	FF02 FF03		